Vestnik zoologii **32**(5-6): 15–22, 1998

УДК 595.2:502.654

МІКРОАРТРОПОДИ ЯК ІНДИКАТОРИ СТАНУ РЕКУЛЬТИВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ГРУНТУ

І. А. Акімов, М. В. Таращук

Інститут зоології НАН України, вул. Б. Хмельницького, 15, 252601 Київ-30, ГСП, Україна

Одержано 10 березня 1998

Микроартроподы как индикаторы состояния рекультивационных процессов почвы. Акимов И. А., Таращук М. В. — По данным литературы и собственных исследований разработана обобщенная методика зооиндикации и мониторинга на основании анализа синэкологических показателей группировок почвенных микроартропод. Для случаев деструкции органики и рекультивации техногенных ландшафтов проанализирована сукцессионная динамика следующих показателей: видового состава, уровня общей численности, таксономической структуры, структуры доминирования, спектра биоморф, соотношения *r*- и *K*-стратегий в сообществе. Отмечены черты сходства и различия в динамике синэкологических показателей двух проанализированных случаев сукцессий, наиболее отличающихся на средних и конечных этапах по параметрам видового состава и спектрабиоморф. Наиболее показательными группами микроартропод для характеристики состояния почвенного населения являются группы почвенных клещей, а также ногохвосток, или коллембол. С использованием указанных параметров микроартроподной составляющей почвенного населения проведен сравнительный зооиндикационный анализ процессов рекультивации на 6 пробных участках применения различных методик рекультивации, разработанных Институтом землеустройства ААН Украины для буроугольных отвалов. Исследования показали, что в целом, исходя из состояния почвенного населения микроартропод, 19-летнее восстановление отвалов дало неоспоримые положительные результаты на всех участках рекультивации. При этом наиболее убедительные показатели успешного рекультивационного процесса получены как, с одной стороны, для варианта применения традиционной схемы (наложение 50-сантиметрового слоя гумуса на подстилающую лессовую породу), так и, с другой стороны, для менее дорогостоящего варианта рекультивации, основанного на применении смеси равных частей лесса и гумуса.

Ключевые слова: микроартроподы, клещи, ногохвостки, коллемболы, зооиндикация, мониторинг.

Microarthropods as Indicators of Recultivation Processes of the Soil. Akimov I. A., Tarashchuk M. V. — This paper presents a generalized methodical approach for zooindication based on the analysis of microarthropods' synecological parameters from literature sources and our own data. The succession dynamics of species composition, general abundance, taxonomic structure, dominance structure, biomorphs' spectrum, r- and K-strategy correlation in a microarthropod community are analysed for the two cases of succession, namely the organic decomposition process and the recultivation of technogenic soils. The similarities and differences of the dynamics of soil population parameters in two cases are noted. The most significant differences in species composition and biomorph spectrum in the two cases of succession are reported for the middle and terminal stages. The soil mites and springtails (collembolans) are the most demonstrative groups of microarthropods for the characteristic of soil population condition. The comparative zooindicative analysis of the microarthropod constituents of the soil population based on the parameters mentioned above was conducted in 1995 on six experimental plots of browncoal dumps by applying different methods of recultivation. The recultivation experiment using six variants was started in 1976 by the Institute of Land Tenure of the Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. In general, the soil population condition showed unquestionably positive results in all experimental plots after 19 years of recultivation of the dumps. The two most successful recultivation processes were, on the one hand, the traditional scheme consisting of the superposition of a 50 cm layer of humus on the bedding loess layer; and, on the other hand, the less expensive method of recultivation based on the application of a mixture of equal parts of loess and humus.

Key words: microarthropods, mites, springtails, collembolans, zooindication, monitoring.

Вступ

В останні роки особлива увага приділяється виявленню загальних закономірностей у змінах рослинних та тваринних угруповань, перш за все в промислових та перенаселених районах, що найбільше потерпають від антропопресії. Показники сукцесійного характеру цих змін (сезонної динаміки, структури домінування, порушення таксономічних співвідношень, зміна екологічного преферендума і т. ін.) можуть бути використані як індикатори стану довкілля (Гиляров, 1965; Бабенко, 1980; Стебаева, 1987; Стебаева и др., 1984; Богач и др., 1988; Емельянов, Загороднюк, 1993; Загороднюк и др., 1995; Torne, 1963; Hill & Kevan, 1987; Tarashchuk & Maliyenko, 1992; Tarashchuk, 1995).

Синекологічний підхід у біоіндикації на сучасному етапі знаходиться в процесі становлення. Він включає оцінку динаміки чисельності, біомаси, видового різноманіття, структури домінування, співвідношення біоморф (життєвих форм), довго- і короткоживучих, "*K*"- та "*r*"-стратегів, крупно- і дрібнорозмірних видів тощо. Природньо, що всі ці показники відрізняються у малопорушених і порушених під дією антропогенного пресу екосистемах. Саме ці відмінності дозволяють використовувати синекологічні показники для біоіндикації стану екосистем.

Традиційно кількісні синекологічні дослідження мікроартропод досить популярні в зв'язку із каталітичною функцією цих дрібних членистоногих у грунтових процесах, а також з адекватною динамічністю їх синекологічних показників. Ногохвістки неодноразово використовувались при індикації стадій сукцесій, наприклад, заростання оголених тундрових плям (Чернов и др., 1971; Ананьева, 1971), заростання осушених термокарстових озер (Стебаева и др., 1984), деструкції рослинних залишків та гною, внесених у грунт (Torne, 1963; Чернова, 1977, Таращук, Малиенко, 1992, Tarashchuk & Maliyenko, 1992), рекультивації техногенных грунтів (Dunger, 1968; Бабенко, 1980, 1984; Стебаева, 1987). Звичайно у ході екзогенних сукцесій відбувається ускладнення угруповань від піонерних сукупностей до перед- і клімаксових (Стебаев, 1963). При зооіндикації стадій сукцесії застосовується критерій "зрілості" угруповання тварин, за ступенем подібності з кінцевим угрупованням даного сукцесійного ряду.

Значення загальних зооіндикаційних параметрів угруповань мікроартропод і колембол та способи їх використання при моніторингу стану довкілля показує приведений нижче аналіз особливостей динаміки цих параметрів у різних випадках природних та техногенних сукцесій. Такий аналіз дозволив авторам розробити узагальнений методичний підхід біоіндикації та моніторингу з прилученням дрібнорозмірних грунтових угруповань.

Видовий склад. У всіх випадках сукцесій рекультивації, первинного грунтоутворення видовий склад змінюється по зростаючій, стрибкоподібно, від кількох до 20—30 і більше видів, в залежності від видового різноманіття в навколишніх малопорушених угрупованнях. У межах одного регіону існує велике коло екологічно вікаріюючих видів, здатних змінити один одного на відповідних етапах сукцесії. Хід сукцесії при розкладі органіки розділяється на три основних етапи: етапи піонерної сукупності, компостної та грунтової. Найбільш показові і цікаві види первинного форезуючого комплексу, як найменш чутливі і вимогливі до біоценотичного оточення та абіотичних умов, а також види, що додаються на кожній із наступних стадій сукцесії, показники цих стадій. При цьому, природньо, види останніх стадій сукцесій відновлення можуть служити індикаторами найбільш задовільних умов, близьких до умов клімаксних угруповань.

Перший етап сукцесії в різних умовах може бути різноманітним за чисельністю, видовим багатством, структурою домінування і залежить від видового складу форезуючого комплексу.

Найбільш звичайні представники першої стадії заселення при рекультиваційному грунтоутворенні в техногенних умовах — види роду *Mesaphorura* (гр. *krausbaueri*). Ці ногохвістки харакеризуються низькою тепловою константою розвитку (близько 51^0), що дозволяє здійснити при помірному кліматі 2—3 повні генерації, раннім статевим дозріванням (після 3-го линяння), подовженим існуванням статевозрілих форм (Hale, 1965), партеногенезом і стійкістю до високої кислотності та засолення (Hutson, 1978; Бабенко, 1984). Але ці ногохвістки не є типовими заселювачами первинних грунтів з точки зору їх біоморфи (глибокогрунтової). Як правило, в перших стадіях грунтоутворення приймають участь головним чином поверхневі верхньопідстилочні форми. Це такі предста-

вники колембол, як *Isotoma viridis, Willowsia busci, Hypogastrura* sp. sp., *Ceratophysella* sp. sp. та інші.

На другому етапі можна відмітити два варіанти ходу сукцесій: варіант розкладу органіки та варіант техногенного рекультиваційного грунтоутворення. Перший характеризується чисельним переважанням представників поверхневих та геміедафічних форм ногохвісток родини Isotomidae, а також деяких *Pseudosinella, Lepidocyrtus, Friesea* та ін. (Чернова, 1977). У випадку техногенного грунтоутворення геміедафобіонти, як правило, відсутні на другому етапі сукцесії, звільняючи місце типовим грунтовим мешканцям верхньо- та глибокогрунтової біоморф: *Protaphorura* spp., *Stenaphorura quadrispina*, *Metaphorura affinis*, *Mesaphorura* spp. Відсутність підстилочно-грунтових видів у цьому випадку та їх більш пізню появу можна пояснити їх високою чутливістю до сухості та перегрівання (Стебаева, 1975, Стебаева и др., 1977, Mayer, 1957, Joosse, 1970, Mais, 1970) і практично повною відсутністю їх середовища помешкання — підстилки.

Третій етап сукцесії найбільш подібний для усіх субстратів. Він характеризується поступовою заміною домінування геміедафічних видів (якщо такі були присутні на попередніх етапах) на домінування еуедафічних. Сукцесія на цьому етапі все більш сповільнюється (Чернова, 1977).

Середній рівень чисельності змінюється у ході сукцесій синусоїдально (Стебаева и др., 1984). На першій стадії він, як правило, низький (для колембол він становить 2—10 тис. экз/м), різко зростає на середніх етапах (до 100—160 тис. экз/м) за рахунок 1—2 видів і знову дещо знижується (30—40 тис. экз/м) на останньому етапі.

Таксономічна структура крупних систематичних груп грунтового населення має тенденцію ускладнення в ході рекультивації від представництва 1—2 родин на початкових стадіях до все більш складної. Найчастіше у першочерговому заселенні беруть участь такі родини колембол, як Isotomidae, Entomobryidae, Hypogastruridae, Onychiuridae у різних варіантах представницьких співвідношень. Показники таксономічної структури вельми зручні для індикації екологічних умов як найменш трудомісткі.

Таксономічна структура фауни може бути використана також як показник регіональних особливостей біоти в цілому, ступеня прогресивної еволюції екосистем (Гептнер, 1965; Ємельянов, Загороднюк, 1993; Загороднюк и др., 1995). Так, у роботі В. Г. Гептнера ідея А. Н. Северцова (Северцов, 1939; цит по: Гептнер, 1965) про ускладнення структури виду як ознаку прогресивної еволюції виноситься на рівень надвидових таксонів, структура яких розглядається на багатьох прикладах, що характеризують різні ступені розвитку екосистем. У роботах І. Г. Ємельянова, І. В. Загороднюка та В. М. Хоменка (1993, 1995) пропонується цікавий підхід обчислення відносного значення таксономічного різноманіття фауністичних комплексів (а також екосистеми в цілому) з використанням інформаційного індексу Шеннона та індексу вирівняності Пілоу.

На прикладі колембол визначені тенденції зміни таксономічної структури фауни з півночі на південь (від тундр і тайги до степів) і з заходу на схід у межах лісостепу Євразії. Введені поняття аридо- и гумідофільності таксонів із деталізацєю способів їх визначення. Зональний таксономічний спектр лісостепової зони при використанні введених понять визначається як аридо-гумідні фауністичні терези, що означає максимальну в порівнянні з сусідніми ландшафтно-географічними зонами зрівноваженість видового багатства головних аридофільної і гумідофільної родин (Entomobryidae і Isotomidae) (Таращук, 1995, 1996; Tarashchuk, 1995). Аналіз літератури по інших групах безхребетних та хребетних тварин підтверджує наявність у них подібних тенденцій трансектних змін таксономічної структури. Ця обставина дозволяє використовувати дані таксономічної структури фауни окремих систематичних груп як показник особливостей біоти регіонів різноманітного виміру.

Структура домінування в угрупованнях потерпає закономірні зміни, що полягають у поступовому переході від монодомінування на початкових і середніх етапах до полідомінування на кінцевих етапах сукцесій. При цьому значення індексів домінування знижуються, а індексів різноманіття та вирівняності (чисельності по видах) — зростають.

Спектр біоморф. Це дуже зручний, найменш трудомісткий і надійний показник для індикації стану екосистем, добре відображає стадійну належність угруповання і особливості гідротермічного режиму грунтів. Повнота спектру свідчить про розвиток усіх ланок вертикального "конвеєра", що відповідає за переробку органіки. Звичайно повний спектр та висока питома щільність верхньо- і, особливо, глибокогрунтових форм характерні для розвинутих грунтів з потужним гумусовим горизонтом (Стебаева, 1970; Стебаева и др., 1984).

Як у випадку сукцесій розкладу органіки, так і у випадку сукцесій рекультивації техногенних грунтів перший етап характеризується наявністю представників одної, зрідка — двох біоморф: як правило, верхньопідстилочної та атмобіонтної. На другому етапі з'являються представники геміедафобіонтів у випадку сукцесій деструкції; у випадку рекультивації ускладнення спектра відбувається за рахунок еуедафобіонтів верхньо- і глибокогрунтової біоморф, геміедафобіонти у техногенних угрупованнях з'являються, як правило, лише на останньому етапі. Навпаки, останній етап сукцесії деструкції характеризується приєднанням еуедафобіонтів, які приймають на себе також роль домінантів угруповання, що сформувалося.

Співвідношення *r*- та *K*-стратегій в угрупованні. Введені Мак-Артуром та Вілсоном (MacArthur & Wilson, 1967) означення для альтернативно протилежних типів відбору популяційних стратегій для зручності можна також назвати "швидкою" (*r*-) та "повільною" (*K*-) стратегіями виживання в угрупованні. Перша характеризується високими показниками плодючості та швидкості розвитку і має переваги на початкових, малоконкурентних етапах сукцесій. Коли в результаті проходження сукцесії угруповання стає все більш насиченим видами, тобто зростає конкуренція, представників малоспроможної у конкурентному відношенні "швидкої" стратегії поступово заміщують види "повільної", що характеризуються малими показниками продуктивності, сповільненим розвитком та, властиво, крупнішими розмірами, тобто ознаками високої конкурентоспроможності. У зв'язку з цим співвідношення як чисельності, так і різноманіття представників *r*- та *K*- стратегій в угрупованні може служити досить чутливим показником сукцесійної зрілості угруповання.

Метою даної розробки було виявлення змін у екологічних комплексах мікроартропод на відвалах буровугільних розробок та оцінка цих змін при характеристиках стану деградації та рекультивації грунту. Робота виконувалась на замовлення ДФФД в межах проекту "Біоценотична характеристика наземних зооіндикаторів забруднення навколишнього середовища в Україні" (1994−1995 pp.). Автори виражають подяку О. В. Безкровній за технічну допомогу у підготовці даного повідомлення.

Матеріал та методи

Базою описуваних досліджень послужили 6 рекультиваційних ділянок Інституту землеустрою УААН на відвалах відкритих буровугільних розробок у Кіровоградській обл. Александрійського р-ну (природно-географічна зона Степу). Автори вдячні ініціативній групі Інституту землеустрою під головуванням наукового співробітника І. Я. Кофмана за надану можливість досліджень на ділянках рекультивації та допомогу у відборі грунтових проб. Основним завданням дослідження було порівняння результатів рекультивації на 6 ділянках, де у 1976 р. були застосовані відмінні рекультиваційні методики і підходи (надалі позначатимуться за порядковим номером від I до VI). Геолого-ботанічна характеристика ділянок з точки зору рекультиваційних підходів:

I — сарматські (неоген) червоні глини, без включення гумусового шару. Еспарцетово (60%)-пирійне (80%) покриття (в % від загальної площі);

II — глауконітові породи (супісі та глини), без гумусового шару. Типчаково (5%)-тонконогово (40%)-пирійне (50%) покриття;

III — суміш відвальних порід (глауконітові, неогенові глини, лес), без гумусового шару. Рослинний покрив: лядвинець (40%), типчак (10%), тонконіг (20%), пирій (60%);

IV — леси. Різнотравно-тонконогово-пирійне покриття;

V — суміш лесу і гумусу 1:1. Різнотравно-пирійне покриття.

VI — традиційна рекультиваційна схема: лес під 50-сантиметровим шаром гумусу. Типчаково-тонконогово-пирійне покриття.

Як контрольний варіант обрано ділянку орної землі — потужний середньогумусний чорнозем — під кукурудзою (позначатиметься **К**).

У кожному з варіантів 21.06.1995 р. відібрані проби грунту площею 5×5 см^2 до глибини 10 см (об'єм проб 250 см^3) з повторністю 10. Проби проеклектовані у лійках Тульгрена на протязі 12 діб. Одержаний матеріал підданий камеральній обробці за загальноприйнятою методикою (Методы..., 1975) з виготовленням мікропрепаратів ногохвісток для подальшого вивчення видового складу. Паралельно був проведений загальний підрахунок і погруповий аналіз усіх дрібнорозмірних організмів, що піддаються еклектуванню. Таким чином проаналізована тваринна складова біоти розмірного рівня мікроартропод (тобто організми, лінійні розміри яких не перевищують 5 мм). Матеріали були піддані статистичній обробці.

Аналіз таксономічного спектру та загальної чисельності виявлених мікроартропод та супутніх груп

В усіх 6 проаналізованих варіантах рекультивації відвалів виявлений досить широкий спектр грунтових форм. Цей факт свідчить про таксономічне багатство тваринної біоти грунту (таблиця 1), а отже, про успішний і досконалий в усіх варіантах результат рекультивації відвалу за всіма використаними методиками.

Як видно з таблиці 1, найбільш збіднілим виявився комплекс грунтового населення контрольної ділянки. Багато з груп грунтового населення, присутніх на деяких або усіх рекультиваційних ділянках (диплури, симфіли, нематоди, павуки, рівнокрилі, перетинчастокрилі, двокрилі) у цьому варіанті не виявлено взагалі. Представники інших груп, що присутні в контрольному полі, характеризуються помітно (а також статистично достовірно) нижчою чисельністю в порівнянні з такою у грунті рекультиваційних варіантів. Це свідчить про занадто інтенсивні методи землеробства на описуваному полі, де, хоча і зберігся досі потужний гумусований шар, але процеси відновлення родючих властивостей (хімічних та біотичних агентів) грунту у значній мірі порушені. На жаль, такий стан справ має місце на переважній більшості орних площ України, особливо південних областей, де залягають найбільш цінні і родючі грунти. Через високі показники розораності ми не користувалися зборами у зональних малопорушених угрупованнях; дані грунтового населення мікроартропод для степової зони України відсутні також і в літературі. Тому шкала для порівняння населення на відвалах із населенням зональних грунтів була у нашому випадку недоступна. Враховуючи сказане, в подальших дослідженнях для одержання характеристик грунтового населення зональних грунтів було б доцільно по можливості обрати для контрольного варіанту малопорушену ділянку з природним рослинним покривом, близьким до клімаксної стадії зонального типу, причому найбільш схожим до варіантів рекультивації, що аналізуються (єдиний сукцесійний ряд, див. вище).

Стосовно рекультиваційних ділянок, судячи з наших даних грунтового населення, можна відмітити, що процеси відновлення родючого (біотично активного) шару в цілому проходить успішно. Виявлено очевидну порівняну перевагу таксономічного багатства і різноманітності грунтового населення варіанту VI, де присутні усі характерні групи грунтового населення окрім нематод. У варіанті I не виявлено 4 групи (павуки, сіноїди, лускокрилі, двокрилі). На рекультиваційній ділянці II відсутні представники 6 таксономічних груп — диплур, нематод, павуків, сіноїдів, трипсів, твердокрилих (жуків). Варіант III характеризується відсутністю представників лише 2 крупних таксонів — нематод та двокрилих. У випадку рекультиваційної ділянки IV не виявлені представники 3 груп — нема-

Таблиця. 1. Загальна чисельність мікроартропод та супутніх груп на рекультиваційних та контрольній ділянках

Table 1. The general abundance of microarthroropods and joint soil grups on the recultivation and control plot

Таксономічні групи	Середня чисельність (a±m)*						
	I	II	III	IV	V	VI	K
Колемболи	13,4±3,6 5,36±1,4	12,2±3,8 4,88±1,5	37,4±11,3 14,96±4,5	8,4±1,7 3,36±0,7	18,4±3,3 7,36±1,3	12,8±3,0 5,12±1,2	1,2±0,6 0,48±0,2
Диплури	1,2±0,5 0,48±0,2	0 0	2,8±0,9 1,12±0,4	0,2±0,2 0,08±0,1	1,4±0,9 0,56±0,4	2,2±0,4 0,88±0,16	0 0
Симфіли	10,4±4,4 4,16±1,8	3,2±1,5 1,28±0,6	3,4±1,0 1,36±0,4	0,6±0,4 0.24±0,2	2,6±1,6 1,04±0,6	4,6±0,9 1,8±0,4	0 0
Нематоди	0,2±0,2 0,08±0,08	0 0	0 0	0 0	0,2±0,2 0,08±0,08	0 0	0 0
Павуки	0 0	0 0	0,2±0,2 0,08±0,08	0 0	0 0	0,6±0,4 0,24±0,2	0 0
Кліщі:	15,2±4,9 6,08±2,0	12,6±3,7 5,04±1,5	27,6±4,2 11,04±1,7	21,6±7,3 8,64±2,9	21,4±7,1 8,56±2,8	30,2±3,4 12,1±1,4	7,8±1,6 3,1±0,6
з них орибатоїдні	0,2±0,2 0,08±0,08	1,6±0,6 0,64±0,2	1,4±0,5 0,56±0,2	1,0±0,5 0,4±0,2	2,6±1,0 1,04±0,4	3,0±1,3 1,2±0,5	0,8±0,4 0,32±0,2
Комахи	3,2±1,2 1,28±0,5	117,8±64,7 47,12±25,8	6,0±1,0 2,4±0,4	2,0±0,8 0,8±0,3	19,2±4,6 7,68±1,8	4,2±1,3 1,68±0,5	0,8±0,2 0,32±0,08
Сіноїоди (дорослі і личинки)	0 0	0 0	0,2±0,2 0,08±0,1	0,2±0,2 0,08±0,1	0,6±0,6 0,24±0,2	0,8±0,4 0,32±0,2	0,2±0,2 0,08±0,08
Трипси (дорос. і лич.)	0,2±0,2 0,08±0,08	0 0	0,2±0,2 0,08±0,1	0,4±0,2 0,16±0,1	0,8±0,8 0,32±0,3	0,8±0,4 0,32±0,2	0,2±0,2 0,08±0,08
Рівнокрилі (дорос. і лич.)	0,4±0,2 0,16±0,08	0,2±0,2 0,08±0,08	0,4±0,2 0,16±0,1	0,4±0,4 0,16±0,2	7,0±2,7 2,8±1,1	0,8±0,6 0,32±0,2	0 0
Жуки (дорос. і лич.)	0,6±0,4 0,24±0,2	0 0	2,4±0,8 1,0±0,3	0,4±0,2 0,16±0,1	1,6±0,4 0,64±0,2	0,6±0,6 0,24±0,24	0,2±0,2 0,08±0,08
Перетинчастокрилі (мурахи, дор. і лич.)	2,2±1,1 0,88±0,44	116,8±65,1 46,72±26,04	1,4±1,0 0,56±0,4	0,4±0,4 0,16±0,2	9,0±3,0 3,6±1,2	0,8±0,5 0,32±0,2	0 0
Лускокрилі (лич.)	0 0	0,6±0,4 0,24±0,2	1,4±0,4 0,56±0,2	0,2±0,2 0,08±0,1	0,2±0,2 0,08±0,1	0,2±0,2 0,08±0,08	0,2±0,2 0,08±0,08
Двокрилі (дорос. і лич.)	0 0	0,2±0,2 0,08±0,08	0 0	0 0	0 0	0,2±0,2 0,08±0,08	0 0

Примітка: I–VI — варіанти рекультивації, K — контроль (див. текст); * — у першому рядку — чьність в екз/проб; у другому — тис.екз/м^2.

тод, павуків та двокрилих. Аналіз V варіанту рекультивації не виявив представників павуків та двокрилих.

Однак потрібно завважити, що невиявленість представників деяких таксономічних груп у нашому випадку не є безапеляційною або остаточною, перш за все враховуючи елемент випадковості вибірки у таких дослідженнях. Інший фактор, який може впливати на неповноту даних першого відбору проб, є фактор фенології, тобто сезонних аспектів грунтового населення, що характеризується значними сезонними коливаннями чисельності різних груп і навіть тимчасовою відсутністю активно рухливих представників деяких груп (фази спокою — яйцева, лялечкова, естиваційна). Тому прийнята рекомендація для біоіндикаційних та біомоніторингових досліджень — повторні сезонні відбори та їх порівняльний аналіз.

Для порівняльного аналізу таксономічних спектрів грунтового населення інформативні також характеристики загальної чисельності виявлених груп та вирівняність цих характеристик у кожному з випадків. За цією ознакою найкращими з характеризованих варіантів є ділянки: VI, за нею III та V. Саме в

такій послідовності спадає загальна чисельність населення по групах та вирівняність чисельності між таксонами.

При оцінці чисельності потрібно звернути увагу на чисельні показники в усіх варіантах такої важливої складової грунтового населення, як грунтові кліщі. Разом з ногохвістками, детальний аналіз населення яких буде подано в наступних повідомленнях, вони є найважливішими агентами грунтоутворення у даній розмірній сукупності населення, в зв'язку з високою чисельністю, швидкою зміною поколінь, активним включенням у процеси деструкції органіки. Крім того, кліщі, як і колемболи, досить чутливо реагують на зміни грунтових умов і тому є визнаними індикаторами стану екосистем. Найвищими показниками чисельності кліщів характеризуються послідовно ті ж таки ділянки VI та III. Варіанти IV та V за цим показником незначною мірою відстають від попередніх і майже не відрізняються між собою. Показова також оцінка чисельності орибатоїдних кліщів у порівнянні із загальною чисельністю усієї таксономічної групи. Саме орибатоїдні кліщі, як *К*-стратеги в порівнянні з іншими групами мікроартропод, ближчими до *r*-стратегії, характеризуються найдовшими життєвими циклами, що можуть продовжуватися до кількох років. Тому при порушеннях та змінах умов середовища орибатоїдні кліщі є найбільш вразливими, їх населення при екологічних стресах відновлюється в останню чергу. При заселенні техногенних площ орибатоїдні кліщі з'являються на досить пізніх стадіях, близьких до кінцевих. В нашому випадку доля орибатид у сукупності грунтового населення досить невисока в усіх варіантах, але показовим є факт, що орибатиди присутні на усіх ділянках рекультивації, що свідчить про наближення кінцевих етапів сукцесії заселення. Дані чисельності орибатоїдних кліщів таблиці свідчать про найкращий стан справ у варіантах (послідовно, по спадаючій): VI, V, II, III.

Одна з найбільш показових груп мікроартропод — ногохвістки, важливий біотичний агент грунтоутворення, що відповідає за активізацію деструкції органічних рештків, — продемонструвала у випадку нашого одноразового відбору безсумівну перевагу грунтотворних процесів на рекультиваційній ділянці III (див. табл. 1). Саме в цьому варіанті чисельність ногохвісток достовірно найвища — 14,96 тис. екз/м^2. Наступними за показниками чисельності колембол з великим чисельним відривом слідують варіанти V і I (7,4 та 5,4 тис. екз/м^2 відповідно); показники чисельності колембол у інших варіантах досить невисокі.

Заключення

Проведене біоіндикаційне дослідження у 6 варіантах рекультивації буровугільних відвалів показало досить успішний стан відновлення грунтового населення мікроартропод в усіх аналізованих варіантах, що відповідає закінченню середнього — початку завершального етапу техногенної рекультивації. На час дослідження найкращий стан мікроартроподної складової грунтової біоти продемонстрували варіанти (послідовно, по спадаючій) VI, V, III. На рекультиваційній ділянці III відмічено ознаки найбільш активного грунтотворного процесу з усіх досліджених варіантів. Таким чином, виходячи з результатів одноразової зооіндикацийної оцінки, поряд із традиційними методами рекультивації (VI варіант, шар гумусу на лесовому покритті) досить успішно можуть застосовуватися менш коштовні методи, як показує практика застосування суміші лесу і гумусу у варіанті V. Рекомендовано повторні дослідження з підбором контрольного варіанту у малопорушеному угрупованні подібного сукцесійного ряду для підтвердження висновку одноразової біоіндикації.

Ананьева С. И. Закономерности микробиотопического распределения Collembola в связи с динамикой растительного покрова в пятнистой тундре Таймыра // Зоол. журн. — 1971. — **50**, вып. 6. — С. 817–824.

Бабенко А. Б. Некоторые закономерности формирования комплекса почвенных микроартропод на отвалах открытых горных разработок // Зоол. журн. — 1980. — **59**, вып.1. — С. 43–54.
Бабенко А. Б. Особенности формирования группировуки коллембол в ходе первичного почвообразования в техногенных условиях // Фауна и экология ногохвосток. — М.: Наука, 1984. — С. 159–166.
Богач Я., Седлачек Ф., Швецова З., Криволуцкий Д. А. Животные — биоиндикаторы индустриальных загрязнений // Журн. общ. биол. — 1988. — **49**, № 5. — С. 630–635.
Гептнер В. Г. Структура систематических групп и биологический прогресс// Зоол. журн. — 1965. — **44**, вып. 9. — С. 1291–1308.
Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. — М. : Наука, 1965. — 275 с.
Емельянов И. Г., Загороднюк И. В. Таксономическая структура сообществ грызунов Восточных Карпат // International Conference: The East Carpathians Fauna: Its Present State and Prospects of Preservation (Uzhgorod, 13—16 Sept., 1993). Matherials. — Uzhgorod, 1993. — P. 57–60.
Загороднюк И. В., Емельянов И. Г., Хоменко В. Н. Оценка таксономического разнообразия фаунистических комплексов // Доп. НАН України. — 1995. — № 7. — С. 145–148.
Методы почвенно-зоологических исследований. — М. : Наука, 1975. — 280 с.
Стебаев И. В. Изменения животного населения почв в ходе развития их на скалах и на рыхлых продуктах выветривания в лесо-луговых ландшафтах южного Урала // Pedobiologia. — 1963. — Bd. 2, H. 4. — S. 265–309.
Стебаева С. К. Жизненные формы ногохвосток (Collembola) // Зоол. журн. — 1970. — **49**, вып. 10. — С. 1437–1455.
Стебаева С. К. Резистентность ногохвосток (Collembola) различных жизненных форм к сухости // Зоол. журн. — 1975. — 54, вып. 11. — С. 1609–1617.
Стебаева С. К. Структура сообществ коллембол при разных типах рекультивации в Кузбассе и на КАТЭКе // Почв. фауна и почв. плодородие: Тр. 9 Междунар. коллок. по почв. зоол. — М.: Наука, 1987. — С. 710–713.
Стебаева С. К., Сухова Т. И., Щербаков А. Н. Отношение ногохвосток (Collembola) различных жизненных форм к градиенту температур // Зоол. журн.— 1977. — **56**, вып. 7. — С. 1021–1029.
Стебаева С. К., Бондаренко Е. П., Шадрина В. И. Сукцессионные изменения населения ногохвосток при зарастании осушенных термокарстовых озер Чукотки // Фауна и экология ногохвосток. — М.: Наука, 1984.— С. 129–158.
Таращук М. В., Малиенко А. М. Влияние способа обработки почвы на население ногохвосток // Почвоведение. — 1992. — № 3. — С. 78–86.
Таращук М. В. Таксономическая структура фауны ногохвосток (Collembola, Entognatha) в провинциях лесостепи Евразии // Изв. РАН. Сер. биол. — 1995. — № 5. — С. 566–578.
Таращук М. В. Фаунистические комплексы ногохвосток (Collembola, Entognatha) лесостепи Евразии // Изв. РАН. Сер. биол. — 1996. — № 2. — С. 215–224.
Чернов Ю. И., Ананьева С. И., Хаюрова Е. П. Комплекс почвообитающих беспозвоночных в пятнистых тундрах Западного Таймыра // Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. — Л.: Наука, 1971. — Вып. 1. — С. 198–211.
Чернова Н. М. Экологические сукцессии при разложении растительных остатков. — М. : Наука, 1977. — 200 с.
Dunger W. Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultvierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues // Abh. und Ber. Naturkundmus. — Gorlitz, 1968. — 43, H. 2. — S. 1–256.
Hale W. G. Post-embrionic development in some species of Collembola // Pedobiologia. — 1965. — 5, H. 3. — S. 145–152.
Hill S. B., Kevan D. K. McE. The soil fauna and agriculture: past findings and future preorities // Soil fauna and soil fertility. Proc. of the 9th Intern. Colloc. of soil zoology. — Moskow : Nauka, 1987. — P. 49–56.
Hutson B. R. Influence of pH, temperature and salinity on the fecundity and longevity of four species of Collembola // Pedobiologia. — 1978. — **18**, H. 1. — S. 163–180.
Joosse E. N. G. The formation and biological significance of aggregations in the distribution of Collembola // Netherlands J. Zool. — 1970. — **20**, № 3. — P. 299–314.
MacArthur R. H., Wilson E. O. The theory of island biogeography. — Princeton, N.J. : Princeton Univ. Press, 1967. — 203 p.
Mais K. Beitrag zum Wasserhaushalt oberflachenbewohnender hemiedaphischer und euedaphischer Collembola // Pedobiologia. — 1970. — **10**, № 2. — S. 81–103.
Mayer H. Zur Biologie und Ethologie einheimischer Collembolen // Zool. Jb. (Syst.). — 1957. — **85**. — S. 501–589.
Tarashchuk M. V., Maliyenko A. M. Effect of type of soil tillage on the collembolan population // Eurasian Soil Sci. — 24/7 (1992). — P. 84–93.
Tarashchuk M. V. Taxonomic structure as an indicator of regional characteristics of fauna (the Springtails Example) // Polske Pismo Entomol. — 1995.— **64**, Fasc.1-4. — P. 233–244.
Torne E., von. Collembolen als Indikatoren von Roteprozessen // Soil organisms / Ed. Doeksen, van der Drift. — Amsterdam, 1963. — S. 322–326.